青少年手机压力与心理健康的关系：基于多元宇宙样分析和密集追踪方法*

黄顺森[1]　来枭雄[1,2]　张彩[3]　赵心媚[1]　代欣然[1]　祁梦迪[1]

王欢蕾[1]　王文荣[4]　王耘[1]**

1 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室，北京，100875

2 中国教育科学研究院数字教育研究所，北京，100088

3 北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心，北京，100875

4 河南省郑州市中牟县教学研究中心，郑州，451450

摘要　为探究手机压力与青少年心理健康的关系及其作用机制，研究 1 基于 74182 名青少年样本，采用多元宇宙样分析检验了手机压力与青少年心理健康的稳健性关系；研究 2 对 507 名青少年采取为期 35 天的密集追踪测查，探究了手机压力影响青少年心理健康的机制。研究 1 发现 50%以上青少年报告对手机有过压力感受，且手机压力与心理健康之间的负向关联是稳健的，这值得研究者和社会的关注。研究 2 发现反刍和消极情绪的强度/波动性在手机压力和心理健康间起到中介作用，且二者对积极和消极心理健康维度的作用机制有一定差异。研究首次扩展了数字化时代背景下“压力-认知/情绪”理论和“媒体使用-数字化压力-心理健康”模型的广度和深度，为促进青少年心理健康发展提供了新的视角和依据。

关键词　手机压力，　数字化压力，　心理健康，　反刍，　消极情绪

1 前言

压力是影响心理健康和生活幸福的重要因素。人们除了遭受日常生活压力，也在使用数字化设备（如智能手机、社交媒体和电脑）的过程中感受到越来越多的压力，这些压力被称作数字化压力（Digital Stress）(Huang, Lai, Ke, et al., 2022; Steele et al., 2020)。数字化压力与心理健康关系密切，高数字化压力可能导致心理健康问题 (Nick et al., 2022; Steele et al., 2020)。

收稿日期：2023 年 4 月 10 日

*本研究得到国家社会科学基金重大项目（20&ZD153）的资助

**通讯作者：王耘，E-mail：wangyun@bnu.edu.cn

数字化压力是个体每日与各种数字化情境的互动中（如线上聊天、学习、游戏等），其自身资源和需要与情境不匹配导致的消极感知或体验(Hefner & Vorderer, 2017; Huang, Lai, Ke, et al., 2022; Steele et al., 2020)。目前，青少年数字化压力与心理健康的关系及其作用机制的研究尚不深入。青少年正处于大脑发育关键期，是数字媒体对其媒体易感性最为显著的阶段(Crone & Konijn, 2018; Orben et al., 2022)。本文在综述数字化压力相关研究的基础上，聚焦手机压力和心理健康的稳健关系及作用机制，对了解数字化时代青少年的心理健康问题和制定相关干预策略具有积极意义。

1.1 数字化压力与心理健康

近年来，数字化压力与心理健康相关的新兴领域开始得到关注。Steele 等人（2020）的数字媒体使用—数字化压力—心理健康理论模型指出，社交媒体使用通过数字化压力的中介机制对心理社会功能产生影响。职业群体中，数字化压力可能增加其职业倦怠，影响其生活质量和幸福感(Choi & Lim, 2016)。普通人群中，数字化压力与焦虑和抑郁紧密相联 (Hall, Miller, et al., 2021; Hall, Steele, et al., 2021; Reinecke et al., 2017)。青少年群体中，45.2%的青少年至少“有时”体验过数字化压力(Nick et al., 2022)，32.4%的青少年至少经历一种数字化压力 (Weinstein & Selman, 2016)，数字化压力正向预测其未来的抑郁 (Nick et al., 2022)。

青少年数字化压力与心理健康关系的研究尚存不足。首先，针对青少年的研究较少，仅 Nick 等人(2022)探讨了青少年数字化压力和抑郁的纵向关系。第二，对数字化压力的测查内容单薄，过多聚焦在社交媒体(如 Nick et al., 2022)和人际关系(Hall, Miller, et al., 2021), 但线上学习、游戏、新闻等也是青少年广泛使用的内容(Huang, Lai, Ke, et al., 2022; 共青团中央维护青少年权益部, 中国互联网络信息中心, 2022)。青少年最广泛使用的媒体是智能手机，聚焦智能手机引发的数字化压力更具群体针对性(Huang, Lai, Ke, et al., 2022)。第三，大多研究忽视积极心理健康，只测查消极心理健康(Hall, Steele, et al., 2021; Huang, Lai, Ke, et al., 2022; Nick et al., 2022; Reinecke et al., 2017)。积极心理学认为病理学取向不足以解释心理健康，积极力量和品质对抵御心理疾病具有理论和现实意义(李金珍 等, 2003; 陈晓娟 等, 2009)。双因素心理健康模型 (Antaramian et al., 2010)指出，心理健康不仅存在消极维度（如抑郁），还存在积极维度（如主观幸福感）。因此，积极取向对理解数字化压力与心理健康的关系具有重要意义。消极维度中，抑郁是最重要的一个，相比焦虑，抑郁与人格、健康等的关联更强(Heady et al., 1993; 李金珍 等, 2003)。积极维度中，主观幸福感是研究热点和主要

指标(崔丽娟, 张高产, 2005)。为此，抑郁和主观幸福感是本研究的消极和积极心理健康指标。

第四，尽管研究表明数字化压力消极影响心理健康，但也有分歧。有人发现技术压力对心理健康有较大效应(Tarafdar et al., 2019)，而有人发现无效应(Huang, Lai, Ke, et al., 2022)。这些矛盾的结果可能与数据分析过程中的主观操纵（如使用单一结果变量、用不同指标代表自变量、纳入不同协变量等）有关(Huang, Lai, Ke, et al., 2022; Tomczyk & Hoferichter, 2022)。例如不同研究者使用相同数据库探究屏幕时间和心理健康的关系，因操纵不同得出了相反的结论(Orben & Przybylski, 2019; Twenge et al., 2022)；使用合成分而非维度分存在效应(Huang, Lai, Ke, et al., 2022)。主观操纵会使研究结果不稳健，是引发心理科学“可重复性”问题的重要原因之一(Aarts et al., 2015)。最后，未有研究探讨二者关系的效应是否稳健：一方面，对于新兴领域，效应检验有助于合理分配和优化研究投入；另一方面，稳健的效应对相关政策的制定具有重要意义(Orben & Przybylski, 2019)，即便成熟领域，也需要元分析进行效应检验。多元宇宙样分析方法不仅减少主观操纵性，也一定程度上起到元分析的作用，可解决新兴领域中效应稳健性问题(黄顺森 等, 2023)。因此，采用多元宇宙样分析探讨青少年手机压力与积极/消极心理健康关系的效应稳健性有利于解决这一新兴领域中的效应矛盾的问题，也有利于为未来研究奠定基础。

1.2 手机压力影响心理健康的作用机制

1.2.1 压力-应变-结果模型

压力-应变-结果（Stress-Strain-Outcome，SSO）模型(Koeske & Koeske, 1993)指出，压力（stress）会引发应变（strain，即压力对个体心理、生理和行为的破坏性影响），进而导致一系列结果（outcome，即各种心理、行为和社会问题）。该模型得到大量实证研究的支持(Jabutay et al., 2022; Luqman et al., 2021; 马晓悦 等, 2021)。例如，Luqman 等人(2021)发现社交媒体过度使用通过损害睡眠质量和认知功能，进而消极影响学业表现。SSO 模型中，应变本质上是一个中介变量，不同的研究对应变的定义存在差异。由于未有研究探讨数字化压力与心理健康的作用机制，本文基于 SSO 模型，认为认知和情绪是手机压力影响青少年心理健康的中介变量。

1.2.2 压力-认知视角

资源有限理论(Staal, 2004)认为个体的资源是有限的，压力会占用大量认知资源，减少其

他活动的资源，从而引发心理行为问题。同时，认知因素是诱发心理健康问题的重要原因(Margolis & Lyubomirsky, 2018)，反刍是其中的一个核心因素(Margolis & Lyubomirsky, 2018; Nolen-Hoeksema et al., 2008)。反刍是一种聚焦式、反复性以自我为参照的消极认知，是导致抑郁的核心因素(van Vugt & van der Velde, 2018)。反复的消极思考会引发、维持和增强个体的抑郁，影响个体幸福感(Margolis & Lyubomirsky, 2018; Nolen-Hoeksema et al., 2008)。损伤脱离假说认为反刍主要是因为信息加工资源不足，脱离负性信息的能力受损是导致抑郁的根本原因，所以认知或注意资源不足会维持反刍且难以脱离(Koster et al., 2011)。因此，压力感知消耗个体认知资源，使个体更容易陷入消极认知，难以脱离，并影响心理健康。研究表明，反刍在压力和心理健康间起到中介作用(Xia et al., 2022; Zheng et al., 2019)。基于此，手机压力可能使个体更加易感，从而诱发反刍，并消极影响心理健康，这符合压力-应变-结果模型。

1.2.3 压力-情绪视角

压力与情绪变化紧密相联(Scott et al., 2017)，并衍生消极情绪(Lazarus, 1999)。一般压力理论(Agnew, 1992)指出，压力通过引发消极情绪而引发各种行为问题。数字化压力也会引发消极情绪，如社交媒体压力会引发情绪耗竭(Sheng et al., 2023)。情绪是影响心理健康的一个重要因素(Pandey & Choubey, 2010)，消极情绪可能引发心理健康问题。例如，消极情绪强度（均值）和波动性均能负向预测心理健康和幸福感(Dejonckheere et al., 2019)。总的来说，消极情绪是压力与心理健康间的一个重要桥梁，本文假设消极情绪可能中介手机压力对心理健康的影响。

1.2.4 压力-认知-情绪视角

如上所述，压力不仅通过消极认知影响心理健康，还通过消极情绪影响心理健康。此外，压力可以通过认知-情绪的作用机制影响心理健康。情绪级联模型(Selby et al., 2008; 李莹娜, 李丹, 2022)指出，消极事件会引发个体的反刍，持续的反刍会加重和维持消极情绪，使消极情绪循环叠加。这种认知-情绪模式会加重心理痛苦，进而引发一系列问题行为(Selby et al., 2013; 李莹娜, 李丹, 2022)。为此，本文认为手机压力会引发个体认知-情绪的链式反应，并影响其心理健康。

1.3 认知与情绪中介变量的波动性和特质性

特质性是指标稳定的水平；波动性是指标随着时间的变化模式和规律(Kuppens, 2015)，二者在中介机制中均具有独特性。单次调查或回溯法可能因调查次数或记忆模糊存在偏差，较难反映短时间（如一周）内个体的特质性。但短时间内的反复测查，其均值能够较好地捕获个体在短时间内的总体强度；均值的标准差常用来表征个体的波动性，是刻画认知或情绪变化的典型指标(Dejonckheere et al., 2019)。密集追踪设计中，短时间内重复进行测查，可以获得个体认知或情绪的波动性水平（如标准差）和较小偏差的强度水平（如均值）(Bolger & Laurenceau, 2013)。因此，密集追踪能够把握特质性和波动性特征，如有研究使用强度和波动性来探讨中介机制(Keng & Tong, 2016)。

反刍和消极情绪均具有特质性和波动性(如 Daros et al., 2020; Timm et al., 2017)。二者的强度和波动性均可以预测个体未来的心理健康状态（如低幸福感和高抑郁）(Dejonckheere et al., 2019; Gruber et al., 2013; Selby et al., 2013; Timm et al., 2017)。日常反刍可以预测日常消极情绪(Kircanski et al., 2018; Selby et al., 2016)，并影响未来心理健康。压力不仅引发认知和情绪强度的变化，根据压力易感性模型(Zubin & Spring, 1977)，还诱发个体的易感性，从而诱发认知和情绪的波动性。为此，反刍和消极情绪的强度和波动性均可能中介手机压力对心理健康的影响。

1.4 问题提出与假设

综上，本文分两个子研究。研究 1 使用多元宇宙样分析在大样本中探讨手机压力与心理健康的关系是否稳健，研究 2 采用密集追踪设计探讨反刍和消极情绪是否中介手机压力对青少年心理健康的效应。研究提出以下假设。研究 1：手机压力与心理健康之间存在稳健联系（**H1**）。研究 2：1）手机压力（T1）引发一段时间内的反刍（T2）和消极情绪（T3）的增加，从而消极影响青少年的心理健康状况（T4)，且反刍和消极情绪水平不仅分别作为中介，还构成链式中介（**H2**）。2）手机压力（T1）引发一段时间内的高反刍波动性（T2）和高消极情绪波动性（T3），从而消极影响青少年的心理健康状况（T4），且反刍波动性和消极情绪波动性不仅分别作为中介，还构成链式中介（**H3**）。

2 研究 1

2.1 方法

2.1.1 被试

被试来自北京师范大学 2021 年“区域教育质量健康体检”项目。采用整群抽样方法，于 2021 年抽取东部、中部和西部共四个省市的 45 个区县（共 729 所学校）四、八年级学生。调查前，学生了解调查目的和内容并自愿参加，研究人员承诺内容保密且与成绩无关，调查时以班级为单位发放和回收问卷。四、八年级学生共 74,642 人，剔除未作答被试后有 74,182 人（$N_{四年级}$ = 34,879，$N_{男}$ = 17,930；$N_{八年级}$ = 39,299，$N_{男}$ = 21,262）。该项目注重学生年级分布，未收集学生年龄信息。Little’s MCAR 检验表明数据不是“完全随机缺失”（χ^2= 151.388, df = 24, p < 0.001），采用 EM 插补法进行缺失（缺失比例 = 0.30% ~ 8.20%，缺失率均值 = 1.55%）处理。该项目通过[因匿名审稿而隐藏]伦理委员会审查。采用 Statistics Kingdom 的 web 计算器计算(Polnok et al., 2022)，需最少 614 的样本量才能达到 0.80 的统计检验力。

2.1.2 工具

手机压力。采用青少年手机压力简版量表（Adolescent Smartphone Stress Scale—Short Version）测查学生感知到的手机压力。该量表为 Huang, Lai, Ke 等人(2022)开发的适用中国青少年的 6 维度手机压力量表及其简版量表，以功能集成化程度最高、中国青少年最广泛使用的数字化设备（智能手机）为特定对象。为方便大规模施测和提高作答质量，测查中使用 9 题简版量表（如“手机上沟通没法把事情说清楚让我感到焦虑”），量表采用 4 点评分（1 = 从来没有, 4 = 总是），得分越高表明感受到的手机压力强度越大。量表在中国青少年中具有良好的信度和效度(Huang, Lai, Ke, et al., 2022)。量表在四年级（α = 0.962; CFI = 0.985, TLI = 0.976, RMSEA = 0.080）和八年级学生（α = 0.927; CFI = 0.977, TLI = 0.964, RMSEA = 0.080）中均具有良好的信效度。

抑郁。采用病人健康量表（PHQ-9）测查学生近两周抑郁状况(Andreas & Brunborg, 2017)。该量表共 9 个题目，使用 4 点评分（1 = 没有，4 = 几乎每天），得分越高表明抑郁情况越严重。本研究中，PHQ-9 信效度（α = 0.963, CFI = 0.986, TLI = 0.979, RMSEA = 0.073）良好。

主观幸福感。使用“中国儿童青少年心理发育特征调查”项目(董奇, 林崇德, 2011)修订的

Campbell 幸福感指数量表（Index of Well-Being Scale）。该量表共 9 个题目，测查被试过去两周对生活的不同感受（如没意思的/无趣的-有趣的，不快乐的-快乐的），每种感受采用 7 点计分（如 1＝ 没意思的/无趣的，7＝ 有趣的）。量表信效度（α = 0.969, CFI = 0.993, TLI = 0.988, RMSEA = 0.060）良好。

协变量。根据 WHO 的报告(Currie et al., 2012)，影响青少年健康和幸福感的人口学变量为性别、年龄、经济状况，为此这三个变量作为协变量。由于“区域教育质量健康体检”项目未收集学生年龄，按照以往研究(Huang, Lai, Zhao, et al., 2022)，将年级作为相对年龄放入协变量中。另外，手机使用频率也同样作为协变量（1=从不，4=总是）。社会经济地位由父亲受教育水平、母亲受教育水平及家庭年收入的标准分均值合成(Huang, Lai, Zhao, et al., 2022)。

2.1.3 分析程序

首先，使用 SPSS 24.0 进行共同方法偏差检验，发现数据不存在严重的共同方法偏差（未旋转第一因子解释率为 31.36%）(周浩, 龙立荣, 2004)。对数据库中所有青少年手机压力情况进行描述性统计，主要分析其感知手机压力的情况。第二，由于手机压力的前提是有手机使用经历，为此，在分析手机压力与心理健康稳健性关系时，10,001 个学生（$N_{四年级}$ ＝7,442，$N_{八年级}$ ＝ 2,569）因从不使用未被纳入分析（用题目“你平时使用手机吗，包括用你自己或者家人的手机？”评估手机使用经历，为 4 点计分（1=从不，4=总是））。第三，使用多元宇宙样分析方法探讨手机压力与心理健康的稳健性关系。多元宇宙样分析通过尽可能对所有可能且合理的分析策略进行整合分析，减少研究者在数据分析过程中的主观偏差（例如只选择显著或有利的结果），从而提高感兴趣效应的稳健性(黄顺森 等, 2023)。多元宇宙样分析主要有三步(黄顺森 等, 2023)：（1）确定所有分析策略的全集。通常是列出所有可能的分析策略，这包括对变量测查方式、变量类型、控制变量等进行理论上可行且合理的操纵并生成分析策略。为了避免分析策略组合中的“真正随意性”，协变量的选择和自变量的操作均源自相关文献。本研究将手机压力的 9 个题目分别作为自变量(如研究者使用单题对数字化压力进行测查(Tomczyk & Hoferichter, 2022))；同时，9 个题目分别来自手机压力的 6 个不同维度(Huang, Lai, Ke, et al., 2022)，不同数字化压力维度与心理健康之间的关系不一致(Huang, Lai, Ke, et al., 2022)。（2）对所有分析策略的效应进行估计和描述。指对所有确定的分析策略组合进行效应估计和效应描述，并呈现其分布情况。（3）对所有分析策略进行整体上的统计推断。考虑所有这些策略组合的效应分布与零假设下的效应分布多大程度上不一致，具体而言，通过

改变原始数据形成零假设的数据集，再使用 bootstrap 方法在零假设数据集中进行有放回抽样（如抽样 500 次），从而生成零假设下手机压力对心理健康的效应的分布，最后检验抽样的效应分布与真实数据下的效应分布的统计指标是否存在差异。统计推断指标使用所有策略组合效应的中位数的值（Median β）和主要方向上的显著结果（NSRPD）[2]。最后，Median β 对应的偏相关系数的平方（partial r^2）作为效应量，在大规模流行病学的调查中，partial r^2 大于 0.01 被认为足够引起研究者和社会政策的关注和重视(Orben & Przybylski, 2019)。由于数据存在学校、班级的层级嵌套（手机压力、抑郁、幸福感 Level 2 的 ICC 分别为 0.169、0.171 和 0.187；Level 3 的 ICC 分别为 0.100、0.098 和 0.101），使用 R 软件包 *specr* 中的多水平模型进行多元宇宙样分析 (Masur & Scharkow, 2020)。

2.2 结果

如图 1 所示，在 9 个手机压力的题目中（缩写对应的题目见附件 1），四年级学生报告对手机有过压力感受的比例为 31.4%～39.0%，总是感受到手机压力的比例为 6.9%～10.9%。八年级学生报告对手机有过压力感受的比例为 52.4%～62.2%，总是感受到手机压力的比例为 5.0%～10.2%，大部分八年级学生偶尔感受到手机压力（31.9%～41.4%）。手机压力均分的频次统计中，四年级学生均分在 0～1、1～2、2～3、3～4 的比例分别是 47.4%、30.8%、14.9%、6.9%。八年级学生均分在 0～1、1～2、2～3、3～4 的比例分别为 21.8%、46.5%、26.5%、5.2%。均分大于 1 可认为有过手机压力感受，总体来看，52.6%四年级学生和 78.2%八年级学生体验过手机压力。

[2] NSRPD，number of significant results in predominant direction，主要方向上的显著结果。

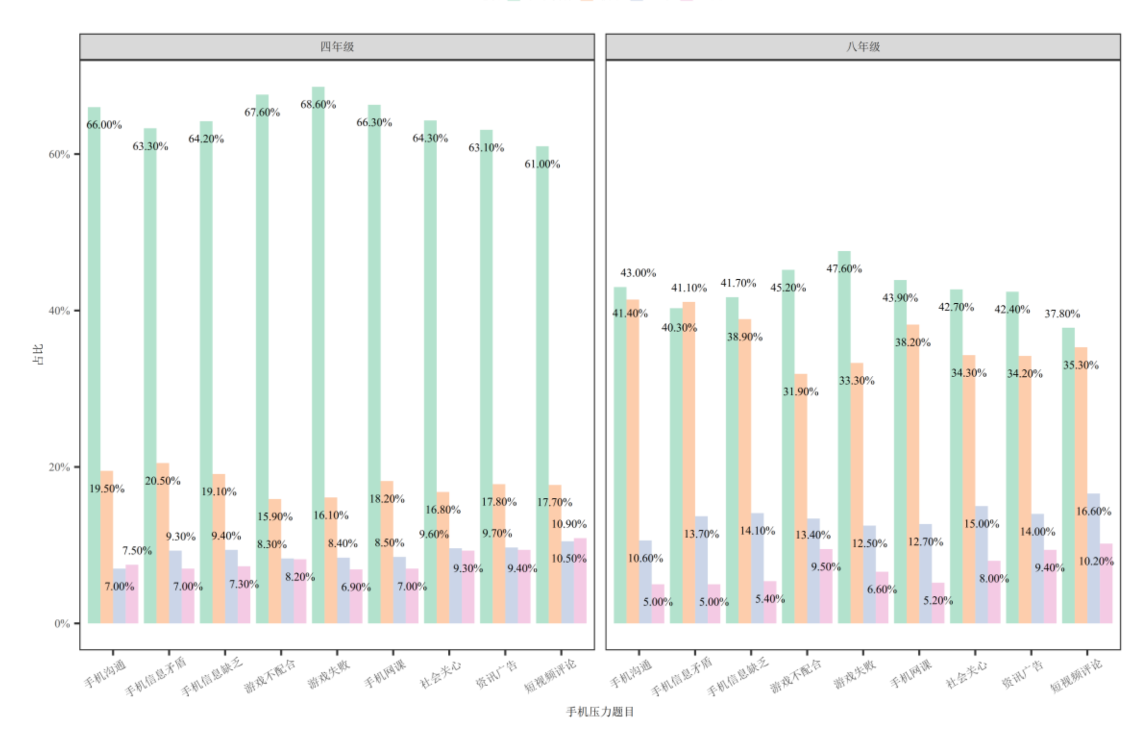


图 1 四、八年级学生手机压力的描述统计图

图 2 展示了多元宇宙样分析描述性结果。首先，手机压力与主观幸福感策略组合(图 2（A、B））有 160 种（手机压力指标=10，协变量指标=16，因变量指标=1），其与抑郁的策略组合（图 1（C、D））也有 160 种。其次，手机压力对主观幸福感的预测效应范围为-0.175～-0.074，且 160 个策略组合均显著。手机压力对抑郁的效应范围为 0.282～0.473，160 个策略组合也均显著。统计推断显示，手机压力负向预测主观幸福感（Median β = −0.14, p < 0.001, partial r^2 = 0.011; NSRPD = 160/160, p < 0.001），正向预测抑郁（Median β = 0.37, p < 0.001, partial r^2 = 0.172; NSRPD = 160/160, p < 0.001）。

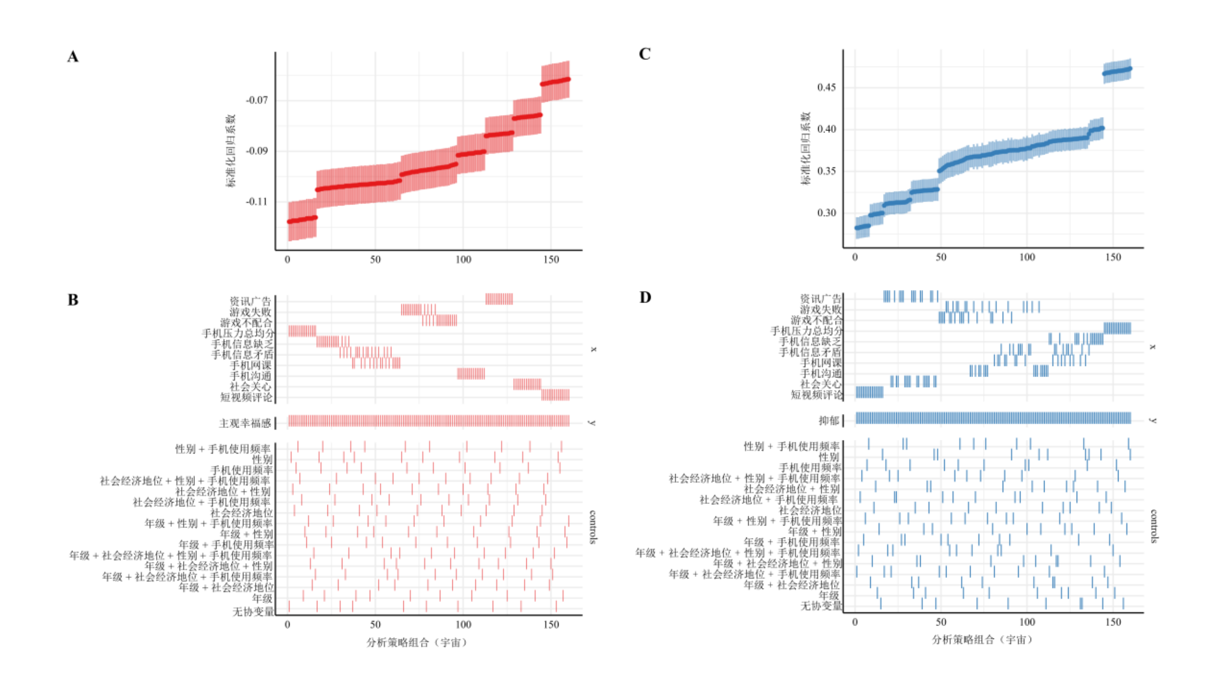


图 2 多元宇宙样分析策略组合及其曲线

注：图 2（A/C）曲线上点的纵坐标表示不同策略组合下自变量对因变量的回归系数，阴影部分表示该系数的置信区间。图 2（B/D）右侧纵坐标 controls 指控制变量，y 指因变量，x 指自变量。红色和蓝色均表示显著的策略组合。

2.3 讨论

研究 1 发现，52.6%四年级学生和 78.2%八年级学生有过手机压力的体验，比以往的发现略高(Nick et al., 2022; Weinstein & Selman, 2016)，可能是本研究聚焦到青少年常用的智能手机上。相比于四年级，八年级学生手机压力经历的比例更高（78.2%），这可能有三个原因。第一，八年级学生拥有手机的人数和使用手机的频率更高。第二，父母对八年级学生的手机监管更难，学生更容易过度使用手机。第三，八年级学生处于青春期，大脑结构的变化使其对压力更加敏感脆弱(Crone & Konijn, 2018)。Orben 等人(2022)的青少年社交媒体窗口期假说指出，相比其他年龄段，11~15 岁青少年生活满意度更容易受社交媒体使用影响。

研究 1 还发现手机压力对青少年心理健康的效应大且稳健。过去十年，数字媒体领域一直争论媒体使用时间（如智能手机、社交媒体）是否影响青少年的心理健康，结果往往矛盾。例如社交媒体使用时间对青少年心理健康影响有限(Orben & Przybylski, 2019)，而有研究指出二者存在积极或消极的关系(Odgers & Jensen, 2020)。为此，越来越多的研究者提出“超越”使用时间这个概念，聚焦到具体的媒体使用内容或具体的概念(Boer et al., 2022; Huang, Lai,

Zhao, et al., 2022; Odgers & Jensen, 2020)。例如，不同的手机使用内容对青少年人际关系(Huang, Lai, Zhao, et al., 2022)和心理健康(Huang et al., 2023)的影响不同，相比于使用时间概念，媒体成瘾概念更能预测心理健康(Boer et al., 2022)。手机压力聚焦使用手机不同内容过程中感知到的压力，所以手机压力与心理健康稳健性的关系支持研究者们提出的"超越"使用时间的说法。此外，这个效应量值得引起研究者、社会和相关政策对青少年数字化压力的重视与关注，以更好地促进数字时代青少年的心理健康和积极发展。

3 研究 2

3.1 方法

3.1.1 被试

在中国西部某中学，随机选取 10 个班级，共邀请 507 名中学生进行前测（T1），一周后参与为期 35 天的密集追踪调查（预注册地址：https://osf.io/mnkj7）。采用日记法，学生前 17 天每天报告日常反刍（T2），后 18 天每天报告日常消极情绪（T3），一周后进行后测（T4）。调查获得了学生及其监护人的知情同意，学生自愿参与调查且可随时退出，无金钱报酬但可获得个人反馈报告。研究获得了北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室伦理委员会批准。志愿老师在开始时简短地给学生进行培训（包括调查简介、作答时间段、注意事项等），并记录学生每日作答情况。剔除 T2 和 T3 各自未作答天数高于 7 天的 30 名被试（T2 完整完成率 ＝82%，T3 完整完成率 ＝75.1%）。最终，有效被试 477 名（$N_{女}=214$，$M_{年龄}=12.67\pm.31$），其中 98.3%居住在城市，86.7%为独生子女。前后测中，数据存在轻微缺失(缺失比例 ＝0.60%～1.50%)，Little' s MCAR 检查发现数据属于完全随机缺失（$\chi^2=78.27$，$df=104$，$p=0.972$），采用 EM 法对前后测数据进行插补。使用 web app 计算可得链式中介模型(Schoemann et al., 2017)需至少 370 的样本量才能达到 0.80 的统计效度。

3.1.2 测量工具及变量

前测问卷（T1）。包括手机压力、主观幸福感、抑郁。使用完整版青少年手机压力量表(Huang, Lai, Ke, et al., 2022)测查手机压力。该量表有 6 个维度：（1）不满意的信息和交流，（2）未满足的娱乐动机，（3）在线学习负担，（4）社会关注，（5）无用和过载信息，（6）在线言语攻击。量表共 30 个题目，采用 4 点计分（1＝ 从来没有, 4＝ 总是）。主观幸福感和

抑郁的测查工具同研究 1。前测手机压力量表（α = 0.794; CFI = 0.980, TLI = 0.971, RMSEA = 0.073），主观幸福感量表（α = 0.941; CFI = 0.980,TLI = 0.969, RMSEA = 0.080），PHQ-9（α = 0.853; CFI = 0.953, TLI = 0.938, RMSEA = 0.073）均有良好信效度。

密集追踪问卷（T2/T3）。包括每日反刍和每日消极情绪。每日反刍量表改编自认知情绪调节量表中的反刍分量表(Garnefski et al., 2001)。学生根据每日实际情况，评估自身的状态。反刍量表共 4 题（例如，"我沉迷于自己对所经历事情的想法与感受"），为 5 点计分（1 = 从不，5 = 总是）。得分越高，表明反刍程度越高。每日消极情绪使用单题测查 (Daros et al., 2020)（ "你今天的心情糟糕吗？1 代表心情极不坏，100 代表极坏，请从 1~100 打分"）。使用 MLM 计算信度(Nezlek, 2017)，发现反刍（α = 0. 997）和消极情绪（α = 0.942）均有良好信度。

后测问卷（T4）。包括主观幸福感和抑郁。测查工具同研究 1。后测主观幸福感量表（α = 0.951; CFI = 0.989, TLI = 0.981, RMSEA = 0.065）和 PHQ-9（α = 0.869 ; CFI = 0.957, TLI = 0.943, RMSEA = 0.073）有良好信效度。

协变量（T1）。除研究 1 提到的年龄、性别和家庭经济地位，为控制因变量的自回归效应，将前测主观幸福感和抑郁作为协变量放入模型。另外，家庭经济地位采用主观报告（"相对于当地总体情况，你认为你的家庭经济状况如何？"，为 5 点计分（1 = 很差，5 = 很好））。

3.1.3 分析流程

首先，在 SPSS 24.0 中检验共同方法偏差，前测（未旋转第一因子解释率 31.54%）和后测数据（未旋转第一因子解释率 33.90%）均不存在严重共同方法偏差(周浩, 龙立荣, 2004)。第二，为检验反刍和消极情绪的中介作用，分别构建手机压力-抑郁和手机压力-主观幸福感的强度中介模型和波动性中介模型。强度中介模型中，中介变量为反刍和消极情绪每日得分的均分；波动性模型中，中介变量为反刍和消极情绪波动性——连续测查时间内分数的标准差 (Dejonckheere et al., 2019)。由于强度和波动性存在共线性且属于不同的情绪维度(Dawel et al., 2023; Dejonckheere et al., 2019)，结合经验研究的建议(Walerius et al., 2016)，强度和波动性指标分别放入中介模型。使用 SPSS PROCESS 宏插件中的 model 6 和 bootstrap 方法（抽取 1000 次）检验中介和链式中介效应，95%的置信区间不包括 0 表示效应显著。中介效应的效应量通常是间接效应占总效应的比例(P_M)，当中介效应与直接效应同号时，报告中介效应占比具有意义；但当中介效应与直接效应异号时，报告中介效应没有意义(温忠麟 等,

2016)。多水平模型中，手机压力前测、抑郁前测、幸福感前测、抑郁后测、幸福感后测的 ICC 分别为 0.011、0.000、0.014、0.027、0.045，为此不使用多水平模型。

3.2 结果

手机压力-抑郁的中介模型在中介变量为强度（$R^2 = 0.053 \sim 0.554, p < 0.001$）和波动性（$R^2 = 0.037 \sim 0.537, p < 0.001$）时均拟合良好。如图 3 所示，T1 手机压力可以正向预测 T2 反刍强度和波动性，正向预测 T3 消极情绪强度和波动性。T2 反刍强度和波动性均可以预测 T3 消极情绪的强度和波动性，T2 反刍强度可以预测 T4 时抑郁，但波动性无此效应。T3 消极情绪的强度可以预测 T4 抑郁，但 T3 消极情绪波动性对 T4 抑郁预测效应不显著。结合表 1，T1 手机压力和 T4 抑郁的间接效应中，T2 反刍强度起中介作用（effect size = 0.022, 95%CI: [0.007 ~ 0.042]），T3 消极情绪强度也起中介作用（effect size = 0.017, 95%CI: [0.004 ~ 0.035]），此外 T2 反刍强度和 T3 消极情绪强度起链式中介作用（effect size = 0.004, 95%CI: [0.0004 ~ 0.009]）。但是，T2 反刍波动性（effect size = 0.004, 95%CI: [-0.014 ~ 0.021]）和 T3 消极情绪波动性（effect size = 0.007, 95%CI: [-0.003 ~ 0.020]）均无中介效应，也无链式中介效应（effect size = 0.003, 95%CI: [-0.001 ~ 0.008]）。总的来说，强度模型的总中介效应量为 59.72%，波动性模型的中介效应不显著，手机压力-抑郁的强度中介模型支持假设 2，但波动性模型不支持假设 3。

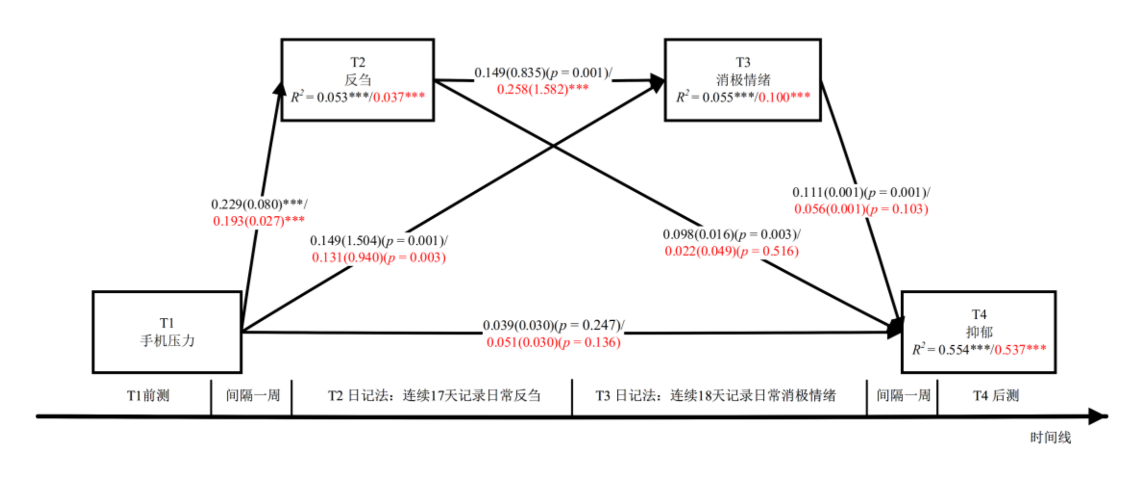


图 3 手机压力对青少年抑郁的中介作用机制

注：图中系数为标准化系数，黑色的数值表示中介变量为强度时的模型系数及拟合，红色数值表示中介变量为波动性时的模型系数及拟合。***$p < .001$.

手机压力-主观幸福感的中介模型在中介变量为强度（$R^2 = 0.053 \sim 0.462, p < 0.001$）和

波动性（$R^2 = 0.037 \sim 0.444$, $p < 0.001$）时均拟合良好。如图 4 所示，T1 手机压力正向预测 T2 反刍强度和波动性，正向预测 T3 消极情绪强度和波动性。T2 反刍强度和波动性均可以分别预测 T3 消极情绪的强度和波动性，T2 反刍强度和波动性均不能预测 T4 主观幸福感。T3 消极情绪强度和波动性均负向预测 T4 主观幸福感。结合表 1，T1 手机压力和 T4 主观幸福感的间接效应中，T3 消极情绪强度（effect size = −0.026, 95%CI: [−0.052 ~ −0.008]）和波动性（effect size = −0.011, 95%CI: [−0.027 ~ −0.001]）均起中介作用，但 T2 反刍强度（effect size = 0.015, 95%CI: [−0.0004 ~ 0.034]）和波动性（effect size = 0.007, 95%CI: [−0.007 ~ 0.024]）的中介效应均不显著。其中，T2 反刍强度和 T3 消极情绪强度起链式中介作用（effect size = −0.006, 95%CI: [−0.013 ~ −0.001]），T2 反刍波动性和 T3 消极情绪波动性也起链式中介作用（effect size = −0.004, 95%CI: [−0.011 ~ −0.0003]）。总的来说，消极情绪强度和波动性的中介效应量为 38.81%和 20.75%，反刍-消极情绪强度和波动性的链式中介效应量为 8.96%和 7.55%。T2 反刍的强度与波动性在手机压力-主观幸福感模型中没有中介效应，而是通过 T3 消极情绪的链式中介作用对 T4 主观幸福感产生影响，部分支持假设 2 和假设 3。

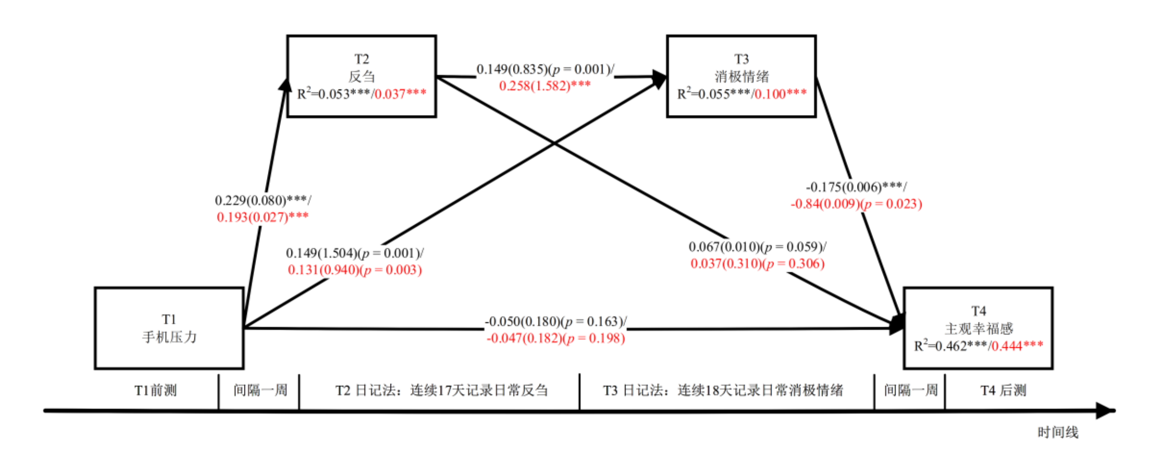


图 4 手机压力对青少年主观幸福感的中介作用机制

注：图中系数为标准化系数，黑色的数值表示中介变量为强度时的模型系数及拟合，红色数值表示中介变量为波动性时的模型系数及拟合。***$p < .001$.

表 1 手机压力对心理健康的中介效应汇总表

模型	中介指标类型	路径效应	标准化效应值	标准误	95% *CI*	中介效应量(P_M)
手机压力	强度	总效应	0.072	0.034	0.005 ~ 0.138	*NA*

—抑郁		总中介效应	0.043	0.012	0.020 ~ 0.069	59.72%
		手机压力-反刍-抑郁	0.022	0.009	0.007 ~ 0.042	30.56%
		手机压力-消极情绪-抑郁	0.017	0.008	0.004~ 0.035	23.61%
		手机压力-反刍-消极情绪-抑郁	0.004	0.002	0.0004 ~ 0.009	5.56%
		总效应	0.058	0.034	−0.008 ~ 0.124	*NA*
		总中介效应	0.014	0.010	−0.004 ~ 0.034	*NA*
	波动性	手机压力-反刍-抑郁	0.004	0.009	−0.014 ~ 0.021	*NA*
		手机压力-消极情绪-抑郁	0.007	0.006	−0.003 ~ 0.020	*NA*
		手机压力-反刍-消极情绪-抑郁	0.003	0.002	−0.001 ~ 0.008	*NA*
		总效应	−0.067	0.192	−0.711 ~ 0.048	*NA*
		总中介效应	−0.017	0.015	−0.048 ~ 0.011	*NA*
	强度	手机压力-反刍-主观幸福感	0.015	0.009	−0.0004 ~ 0.034	*NA*
		手机压力-消极情绪-主观幸福感	−0.026	0.011	−0.052 ~ −0.008	38.81%
手机压力—主观幸福感		手机压力-反刍-消极情绪-主观幸福感	−0.006	0.003	−0.013 ~ −0.001	8.96%
		总效应	−0.053	0.188	−0.645 ~ 0.101	*NA*
		总中介效应	−0.008	0.0101	−0.029 ~ 0.011	*NA*
	波动性	手机压力-反刍-主观幸福感	0.007	0.008	−0.007 ~ 0.024	*NA*
		手机压力-消极情绪-主观幸福感	−0.011	0.007	−0.027 ~ −0.001	20.75%
		手机压力-反刍-消极情绪-主观幸福感	−0.004	0.003	−0.011 ~ −0.0003	7.55%

注：NA 表示该路径对应的中介效应不显著而未进行计算。P_M=（间接效应/总效应）*100

3.3 讨论

3.3.1 反刍的中介作用

手机压力通过日常反刍强度进一步影响青少年抑郁，而不影响主观幸福感，此外，手机压力也无法通过日常反刍波动性影响抑郁和主观幸福感。这一结果部分支持 H2，但不支持 H3。日常反刍强度可以中介青少年抑郁，这支持资源有限理论和损伤脱离假说(Koster et al., 2011; Staal, 2004)，即手机压力不但过度消耗一段时间内个体的认知资源，也会引发个体对消极事件的反刍，难以有充足的认知资源从这种反刍中脱离出来，从而诱发抑郁。研究表明，

反刍的波动性可以正向预测抑郁患者未来的抑郁症状(Timm et al., 2017)，但本研究中反刍波动性在手机压力-抑郁模型中不显著。可能有两个原因，一方面，压力-反刍-抑郁的反馈回路中，反刍通过反复重现压力事件，维持感知到的压力，从而导致抑郁(Hosseinichimeh et al., 2018)。反刍波动性不同于强度，波动性高意味着维持压力感知并不稳定，而强度高更可能意味着维持高水平的手机压力，所以波动性难以预测抑郁。另一方面，前人探讨反刍波动性和抑郁时，较少控制抑郁的自回归影响(如 Timm et al., 2017)，本研究中自回归效应的控制可能削减反刍波动性的作用。

反刍强度和波动性在手机压力-主观幸福感模型中均无中介作用。可能有两种解释，一是不同于抑郁这个消极维度，主观幸福感属于积极维度，囊括情感、心理和社会等更广泛的方面(Antaramian et al., 2010)，反刍作为抑郁的核心影响因素(van Vugt & van der Velde, 2018)，不一定影响主观幸福感。另一种是，反刍间接影响主观幸福感，如本研究发现反刍通过消极情绪的中介作用影响主观幸福感。

3.3.2 日常情绪的中介

手机压力通过情绪强度的中介作用，对青少年主观幸福感和抑郁产生影响。这支持情绪级联模型(Selby et al., 2008)和假设 2。但是，情绪波动性的中介作用在手机压力-抑郁模型中不显著，在手机压力-主观幸福感模型中显著，部分支持假设 3。这与以往研究存在一定分歧，例如情绪波动性可以显著预测个体抑郁和生活满意度(Gruber et al., 2013)。这或许是抑郁和主观幸福感二者不同的特征导致的。抑郁以难过和悲伤情绪为核心症状(黄顺森 等, 2022)，理论上更容易受到情绪强度的影响，所以情绪强度可以中介手机压力对抑郁的影响，而情绪波动性作为一个动态变化的过程，则难以预测未来的抑郁。另外，本研究控制了抑郁自回归效应，也可能削减情绪波动性的影响（如 Gruber 等人(2013)未控制抑郁自回归效应）。还有可能是标准差作为波动性指标不够有效，相比于传统波动性（标准差），二维的情绪空间（不仅考虑标准差，还考虑感受的质量）下的波动性更能够显著预测抑郁(Kuppens et al., 2007)。

3.3.3 反刍、日常情绪的链式中介作用

在手机压力-抑郁和手机压力-主观幸福感的强度和波动性模型中，手机压力均能够通过反刍强度和波动性的中介作用，分别预测消极情绪强度和波动性，这证实了本文提出的压力

-认知-情绪视角和情绪级联模型(Selby et al., 2008, 2016)。另外，认知-情绪强度的链式中介在手机压力-抑郁模型和手机压力-主观幸福感模型中均显著，但认知-情绪波动性的链式中介只在手机压力-主观幸感模型中显著。如前文所述，抑郁以悲伤、难过情绪为核心症状(黄顺森 等, 2022)，在青少年中以消极情绪强度为主要表现特征(Neumann et al., 2011)，所以情绪波动性可能较难起到对抑郁的链式中介作用。主观幸福感构念更具有广泛性（如包括快乐、良好功能、自我实现等多方面）(Antaramian et al., 2010; Cooke et al., 2016)，这可能使其更容易受到情绪波动性的影响。所以，反刍-消极情绪波动性较难预测个体未来的抑郁。正如研究指出，波动性与心理健康的关系受所用心理健康指标的影响(Neumann et al., 2011)。

4 总讨论

本研究探讨了青少年手机压力与心理健康的稳健性关系及认知、情绪和认知-情绪的中介作用。研究 1 的假设得到支持——手机压力与心理健康之间存在稳健、有实践意义的关系，值得研究者和社会关注。研究 2 的假设大部分得到证实。

两个研究共同揭示了手机压力对青少年心理健康中的重要影响。在数字化设备使用越来越低龄化的时代，关注手机压力有助于从新的视角看待青少年心理健康问题。相比单一回归类研究，基于横断大样本并考虑多种分析策略组合的统计推断，可以减少数据分析过程中的主观选择性和主观偏差，揭示较为普遍的规律（如元分析的结果）(黄顺森 等, 2023)。本研究回应了这一新兴领域中亟待解决的数字化压力与心理健康关系矛盾的问题，确定了手机压力与心理健康间的稳健且有实践意义的效应，为未来研究和实践干预奠定了坚实基础。同时结合密集追踪设计，从时间序列的角度揭示潜在的因果规律。这从新角度为干预青少年心理健康提供了思路。例如，未来干预项目可以借鉴传统的心理干预方法（如认知或正念疗法），对青少年因数字化压力产生的反刍认知和消极情绪进行针对性的干预，从而促进数字化时代青少年心理发展。

本文对相关领域的理论具有一定的促进作用。一方面，数字化压力作为一种新兴的压力类型，其对心理健康的作用路径与传统压力相似（如 SSO 模型，情绪级联模型，损伤脱离假说），这扩展以往理论的宽度。另一方面，不同于面板数据，密集追踪设计揭示的认知、情绪波动性的中介机制进一步从动态发展的角度深化了传统的理论。比如，压力通过认知对心理健康产生影响(Stikkelbroek et al., 2016)，而本研究进一步从动态变化的波动性视角对其进行论证。另外，以往在探讨中介机制时，多聚焦消极结果变量(如 Stikkelbroek et al., 2016)，

而本文综合积极和消极心理健康，探讨作用机制在不同心理健康维度之间潜在的差异，这有利于扩展以往理论的深度。最后，本研究从效应稳健性角度和作用机制的视角验证和发展了 Steele 等人(2020)提出的数字媒体使用-数字化压力-心理健康理论模型。

研究的局限性。首先，研究均采用自我报告，可能存在主观偏差。第二，研究一中使用年级代替学生的相对年龄，难以完全代表青少年群体。第三，采用的波动性指标较为单一，未来可以纳入更多的指标进一步验证。但研究者认为波动性指标越简单越好，没有任何一个波动性指标比标准差更具有解释性和预测性(Dejonckheere et al., 2019)。这意味着波动性指标还存在较大的讨论空间，未来可以进行不同波动性指标的比较。第四，反刍与消极情绪之间可能存在双向预测关系和交互作用(Selby et al., 2008, 2016)，并影响心理健康。如在手机压力-抑郁模型中，可能是认知-情绪波动性的交互性而非链式中介对抑郁起作用，未来或许可以深入探讨这类话题。第五，心理健康的指标具有多样性，未来应纳入更多的指标进行探讨。第六，尽管多元宇宙样分析减少主观偏差，但仍存在其他偏差，未来研究应考虑测量偏差、文化差异等。第七，研究只探讨了反刍的中介机制，但其是否是调节变量还需更多研究。

5 结论

52.6%四年级学生和 78.2%八年级学生有过手机压力的体验。青少年手机压力与心理健康之间存在稳健、有实践意义的效应，值得研究者和社会的关注和重视。青少年手机压力影响心理健康的作用机制包括反刍和消极情绪。反刍/消极情绪强度和反刍-消极情绪强度在手机压力-抑郁间起到中介作用，消极情绪强度和反刍-消极情绪强度在手机压力-主观幸福感间起到中介作用。消极情绪波动性和反刍-消极情绪波动性在手机压力-主观幸福感之间起到中介作用。总的来说，反刍和消极情绪的强度/波动性在手机压力和心理健康之间起到中介作用，但对于消极和积极心理健康结果，其作用机制存在一定差异。

致谢：感谢匿名审稿人和编委对本文提出的宝贵意见, 感谢英国牛津大学实验心理学系（Department of Experimental Psychology, University of Oxford）苑启明博士对本文英文摘要的阅读与修改。

参考文献：

Aarts, A. A., Anderson, J. E., Anderson, C. J., Attridge, P. R., Attwood, A., Axt, J., Babel, M., Bahník, Š., Baranski, E., Barnett-Cowan, M., Bartmess, E., Beer, J., Bell, R., Bentley, H., Beyan, L., Binion, G., Borsboom, D., Bosch, A., Bosco, F. A., … Zuni, K. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, *349*(6251), aac4716.

Agnew, R. (1992). Foundation for a general strain theory of crime and delinquency. *Criminology*, *30*(1), 47–88.

Andreas, J. B., & Brunborg, G. S. (2017). Depressive symptomatology among Norwegian adolescent boys and girls: The patient health Questionnaire-9 (PHQ-9) psychometric properties and correlates. *Frontiers in Psychology*, *8*(887), 1–11.

Antaramian, S. P., Scott Huebner, E., Hills, K. J., & Valois, R. F. (2010). A dual-factor model of mental health: Toward a more comprehensive understanding of youth functioning. *American Journal of Orthopsychiatry*, *80*(4), 462–472.

Boer, M., Stevens, G. W. J. M., Finkenauer, C., & Eijnden, R. J. J. M. Van Den. (2022). The complex association between social media use intensity and adolescent wellbeing : A longitudinal investigation of five factors that may affect the association. *Computers in Human Behavior*, *128*, 107084.

Bolger, N., & Laurenceau, J. -P. (2013). Intensive Longitudinal Methods: An Introduction to Diary and Experience Sampling Research. *Guilford Press*.

Chen, X., Ren, J., & Ma, T. (2009). The Characters of positive mental health. *Psychological Science*, *32*(2), 487–489.

[陈晓娟，任俊，马甜语. (2009). 积极心理健康的内涵解析. *心理科学*, *32*(2), 487–489.]

Choi, S. B., & Lim, M. S. (2016). Effects of social and technology overload on psychological well-being in young South Korean adults: The mediatory role of social network service addiction. *Computers in Human Behavior*, *61*, 245–254.

Cooke, P. J., Melchert, T. P., & Connor, K. (2016). Measuring well-being: A review of instruments. *Counseling Psychologist*, *44*(5), 730–757.

Crone, E. A., & Konijn, E. A. (2018). Media use and brain development during adolescence. *Nature Communications*, *9*(1), 1–10.

Cui, L., & Zhang, G. (2005). A review of the research on positive psychology. *Psychological Science*, *28*(2), 402–405.

[崔丽娟，张高产. (2005). 积极心理学研究综述——心理学研究的一个新思潮. *心理科学*, *28*(2), 402–405.]

Currie, C., Zanotti, C., Currie, D., Morgan, A., Currie, D., Looze, M. de, Roberts, C., Samdal, O., Smith, O. R. F., & Barnekow, V. (2012). Social determinants of health and well-being among young people. Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study: International report from the 2009/2010 survey. Copenhagen: *WHO Regional Office for Europe*.

CYLC, & CNNIC. (2022). *Study on Internet use by minors nationwide in 2021*. https//:www.cnnic.net.cn/n4/2022/1201/c116-10690.html

[共青团中央维护青少年权益部， 中国互联网络信息中心. (2022). *2021年全国未成年人互联网使用情况研究报告*. https://www.cnnic.net.cn/n4/2022/1201/c116-10690.html]

Daros, A. R., Daniel, K. E., Boukhechba, M., Chow, P. I., Barnes, L. E., & Teachman, B. A. (2020). Relationships between trait emotion dysregulation and emotional experiences in daily life: An experience sampling study. *Cognition and Emotion*, *34*(4), 743–755.

Dawel, A., Gulliver, A., Farrer, L. M., Kalokerinos, E. K., Cherbuin, N., Calear, A. L., McCallum, S., Morse, A. R., & Monaghan, C. (2023). Do emotion intensity, variability, differentiation, co-occurrence, and positive–negative ratios make unique contributions to predicting longitudinal change in psychological distress and well-being? *Emotion*, *23*(7), 1945–1959.

Dejonckheere, E., Mestdagh, M., Houben, M., Rutten, I., Sels, L., Kuppens, P., & Tuerlinckx, F. (2019). Complex affect dynamics add limited information to the prediction of psychological well-being. *Nature Human Behaviour*, *3*(5), 478–491.

Dong, Q., & Lin, C. (Eds). (2011). *Technical report of the national children's study of China.* Beijing: Science Press.

[董奇，林崇德. (主编). (2011). *中国儿童青少年心理发育特征调查项目技术报告*. 北京：科学出版社.]

Garnefski, N., Kraaij, V., & Spinhoven, P. (2001). Negative life events, cognitive emotion regulation and emotional problems. *Personality and Individual Differences*, *30*, 1311–1327.

Gruber, J., Kogan, A., Quoidbach, J., & Mauss, I. B. (2013). Happiness is best kept stable: Positive emotion variability is associated with poorer psychological health. *Emotion*, *13*(1), 1–6.

Hall, J. A., Miller, A. J., & Christofferson, J. L. (Nov. 2021). Digital stress as a mediator of the association between mobile and social media use and psychological functioning. *National Communication Association Conference in Seattle, WA, USA*. https://hdl.handle.net/1808/33337

Hall, J. A., Steele, R. G., Christofferson, J. L., Mihailova, T., & Steele, R. G. (2021). Development and initial evaluation of a multidimensional digital stress scale. *Psychological Assessment*, *33*(3), 230–242.

Heady, B., Kelly, J., & Wearing, A. (1993). Bruce headey, jonathan kelley and alex wearing. *Social Indicator*

Research, *29*, 63–82.

Hefner, D., & Vorderer, P. (2017). Digital stress: Permanent connectedness and multitasking. In L. Reinecke & M. B. Oliver (Eds.), *The Routledge handbook of media use and well-being: International perspectives on theory and research on positive media effects (pp. 237–249)*. Routledge.

Hosseinichimeh, N., Wittenborn, A. K., Rick, J., Jalali, M. S., & Rahmandad, H. (2018). Modeling and estimating the feedback mechanisms among depression, rumination, and stressors in adolescents. *PLoS ONE*, *13*(9), 1–18.

Huang, S., Chen, H., Lai, X., Dai, X., & Wang, Y. (2023). Multiverse-style analysis: Introduction and application. *Advances in Psychological Science*, *31*(2), 196–208.

[黄顺森, 陈豪杰, 来枭雄, 代欣然, 王耘. (2023). 多元宇宙样分析：简介及应用. *心理科学进展*, *31*(2), 196–208.]

Huang, S., Lai, X., Ke, L., Qin, X., Yan, J. J., Xie, Y., Dai, X., & Wang, Y. (2022). Smartphone stress: Concept, structure, and development of measurement among adolescents. *Cyberpsychology: Journal of Psychosocial Research on Cyberspace*, *16*(5), Article 1.

Huang, S., Lai, X., Li, Y., Cui, Y., & Wang, Y. (2023). Beyond screen time : The different longitudinal relations between adolescents' smartphone use content and their mental health. *Children*, *10*, 770.

Huang, S., Lai, X., Zhao, X., Dai, X., Yao, Y., Zhang, C., & Wang, Y. (2022). Beyond screen time: Exploring the associations between types of smartphone use content and adolescents' social relationships. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(15), 8940.

Huang, S., Luo, Y., Lai, X., Jian, K., Xu, Z., & Wang, Y. (2022). Core symptoms of depression in chinese adolescents and comparison between different gender and levels of depression: A network analysis approach. *Journal of Psychological Science*, *45*(5), 1115–1122.

[黄顺森, 罗玉晗, 来枭雄, 简可雯, 徐梓婧, 王耘. (2022). 中国青少年抑郁的核心症状及性别、抑郁程度间的比较：基于网络分析方法. *心理科学*, *45*(5), 1115–1122.]

Jabutay, F. A., Suwandee, S., & Jabutay, J. A. (2022). Testing the stress-strain-outcome model in Philippines-based call centers. *Journal of Asia Business Studies*, *17*(2), 404-423.

Keng, S. L., & Tong, E. M. W. (2016). Riding the tide of emotions with mindfulness: Mindfulness, affect dynamics, and the mediating role of coping. *Emotion*, *16*(5), 706–718.

Kircanski, K., Thompson, R. J., Sorenson, J., Sherdell, L., & Gotlib, I. H. (2018). The everyday dynamics of rumination and worry: precipitant events and affective consequences. *Cognition and Emotion*, *32*(7), 1424–

1436.

Koeske, G. F., & Koeske, R. D. (1993). A preliminary test of a stress-strain-outcome model for reconceptualizing the burnout phenomenon. *Journal of Social Service Research*, *17*(3–4), 107–135.

Koster, E. H. W., De Lissnyder, E., Derakshan, N., & De Raedt, R. (2011). Understanding depressive rumination from a cognitive science perspective: The impaired disengagement hypothesis. *Clinical Psychology Review*, *31*(1), 138–145.

Kuppens, P. (2015). Its about time: A special section on affect dynamics. *Emotion Review*, *7*(4), 297–300.

Kuppens, P., Van Mechelen, I., Nezlek, J. B., Dossche, D., & Timmermans, T. (2007). Individual differences in core affect variability and their relationship to personality and psychological adjustment. *Emotion*, *7*(2), 262–274.

Lazarus, R. S. (1999). *Stress and emotion: A new synthesis*. Springer Publishing Company.

Li, J., Wang, W., & Shi, J. (2003). Positive psychology：A new trend in psychology. *Advances in Psychological Science*, *11*(3), 321–327.

[李金珍, 王文忠, 施建农. (2003). 积极心理学：一种新的研究方向. *心理科学进展*, *11*(3), 321–327.]

Li, Y., & Li, D. (2022). Research progress on related emotion regulation models of non-suicidal self-injury. *Advances in Pyschology*, *12*(01), 246–252.

[李莹娜, 李丹. (2022). 非自杀性自伤的相关情绪调节模型研究进展. *心理学进展*, *12*(01), 246–252.]

Luqman, A., Masood, A., Shahzad, F., Shahbaz, M., & Feng, Y. (2021). Untangling the adverse effects of late-night usage of smartphone-based SNS among University students. *Behaviour and Information Technology*, *40*(15), 1671–1687.

Ma, X., Ji, C., Chen, Q., & Shen, X. (2021). Effects of social media overloads on the civil servants task performance: A multiply mediation model. *Public Administration and Policy Review*, *5*, 33–46.

[马晓悦, 季楚玮, 陈强, 沈霄. (2021). 社交媒体超载对公务员任务绩效的影响：一个链式中介模型. *公共管理与政策评论*, *5*, 33–46.]

Margolis, S., & Lyubomirsky, S. (2018). Cognitive outlooks and well-being. In E. Diener, S. Oishi, & L. Tay (Eds.), *Handbook of well-being* (pp. 1–26). UT: DEF Publishers.

Masur, P. K., & Scharkow, M. (2020). *specr:Conducting and visualizing specification curve analyses* (Version 0.2.1). R groups. https://masurp.github.io/specr/, https://github.com/masurp/specr

Neumann, A., Van Lier, P. A. C., Frijns, T., Meeus, W., & Koot, H. M. (2011). Emotional dynamics in the development of early adolescent psychopathology: A one-year longitudinal study. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *39*(5), 657–669.

Nezlek, J. B. (2017). A practical guide to understanding reliability in studies of within-person variability. *Journal of Research in Personality*, *69*, 149–155.

Nick, E. A., Kilic, Z., Nesi, J., Telzer, E. H., Lindquist, K. A., & Prinstein, M. J. (2022). Adolescent digital stress: frequencies, correlates, and longitudinal association with depressive symptoms. *Journal of Adolescent Health*, *70*(2), 336–339.

Nolen-Hoeksema, S., Wisco, B. E., & Lyubomirsky, S. (2008). Rethinking rumination. *Perspectives on Psychological Science*, *3*(5), 400–424.

Odgers, C. L., & Jensen, M. R. (2020). Annual research review: Adolescent mental health in the digital age: facts, fears, and future directions. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *61*(3), 336–348.

Orben, A., & Przybylski, A. K. (2019). Screens, teens, and psychological well-being: Evidence From Three Time-Use-Diary Studies. *Psychological Science*, *30*(5), 682–696.

Orben, A., Przybylski, A. K., Blakemore, S. J., & Kievit, R. A. (2022). Windows of developmental sensitivity to social media. *Nature Communications*, *13*(1), 1–10.

Pandey, R., & Choubey, A. K. (2010). Emotion and health : An overview. *Journal of Projective Psychology and Mental Health*, *17*, 135–152.

Polnok, S., Auta, T. T., Santoso, H., Nugroho, W., Dalem, G., Mahajaya, G., Sudiantara, K., Gama, I. K., Mustika, I. W., Onggang, F. S., Rusni, W., Subrata, T., Sumadewi, T., Huru, M. M., & Mamoh, K. (2022). Statistics Kingdom : A very helpful basic statistical analysis tool for health students 413. *Health Notions*, *6*(9).

Reinecke, L., Aufenanger, S., Beutel, M. E., Dreier, M., Quiring, O., Stark, B., Wölfling, K., & Müller, K. W. (2017). Digital stress over the life span: The effects of communication load and internet multitasking on perceived stress and psychological health impairments in a german probability sample. *Media Psychology*, *20*(1), 90–115.

Schoemann, A. M., Boulton, A. J., & Short, S. D. (2017). Determining power and sample size for simple and complex mediation models. *Social Psychological and Personality Science*, *8*(4), 379–386.

Scott, S. B., Ram, N., Smyth, J. M., Almeida, D. M., & Sliwinski, M. J. (2017). Age differences in negative emotional responses to daily stressors depend Time Since Event. *Developmental Psychology*, *53*(1), 177–190.

Selby, E. A., Anestis, M. D., & Joiner, T. E. (2008). Understanding the relationship between emotional and behavioral dysregulation: Emotional cascades. *Behaviour Research and Therapy*, *46*(5), 593–611.

Selby, E. A., Franklin, J., Carson-Wong, A., & Rizvi, S. L. (2013). Emotional cascades and self-injury: Investigating

instability of rumination and negative emotion. *Journal of Clinical Psychology*, *69*(12), 1213–1227.

Selby, E. A., Kranzler, A., Panza, E., & Fehling, K. B. (2016). Bidirectional-compounding effects of rumination and negative emotion in predicting impulsive behavior: Implications for emotional cascades. *Journal of Personality*, *84*(2), 139–153.

Sheng, N., Yang, C., Han, L., & Jou, M. (2023). Too much overload and concerns: Antecedents of social media fatigue and the mediating role of emotional exhaustion. *Computers in Human Behavior*, *139*, 107500.

Staal, M. A. (2004). *Stress, cognition, and human performance: A literature review and conceptual framework*. National Aeronautics and Space Administration.

Steele, R. G., Hall, J. A., & Christofferson, J. L. (2020). Conceptualizing digital stress in adolescents and young adults: Toward the development of an empirically based model. *Clinical Child and Family Psychology Review*, *23*(1), 15–26.

Stikkelbroek, Y., Bodden, D. H. M., Kleinjan, M., Reijnders, M., & Van Baar, A. L. (2016). Adolescent depression and negative life events, the mediating role of cognitive emotion regulation. *PLoS ONE*, *11*(8), 1–16.

Tarafdar, M., Maier, C., Laumer, S., & Weitzel, T. (2019). Explaining the link between technostress and technology addiction for social networking sites : A study of distraction as a coping behavior. *Information Systems Journal*, *30*(1), 96-124.

Timm, C., Ubl, B., Zamoscik, V., Ebner-Priemer, U., Reinhard, I., Huffziger, S., Kirsch, P., & Kuehner, C. (2017). Cognitive and affective trait and state factors influencing the long-term symptom course in remitted depressed patients. *PLoS ONE*, *12*(6), 1–16.

Tomczyk, S., & Hoferichter, F. (2022). Associations between social media use, psychological stress, well-being, and alpha-amylase levels in adolescents. *Journal of Stress, Anxiety, Trauma, and Resilience*, *1*(20), 26–37.

Twenge, J. M., Haidt, J., Lozano, J., & Cummins, K. M. (2022). Specification curve analysis shows that social media use is linked to poor mental health, especially among girls. *Acta Psychologica*, *224*, 103512.

van Vugt, M. K., & van der Velde, M. (2018). How does rumination impact cognition? A first mechanistic model. *Topics in Cognitive Science*, *10*(1), 175–191.

Walerius, D. M., Fogleman, N. D., & Rosen, P. J. (2016). The role of ADHD and negative emotional lability in predicting changes in parenting daily hassles. *Journal of Child and Family Studies*, *25*(7), 2279–2291.

Weinstein, E. C., & Selman, R. L. (2016). Digital stress: Adolescents' personal accounts. *New Media and Society*, *18*(3), 391–409.

Wen, Z., Fan, X., Ye, B., & Chen, Y. (2016). Characteristics of an effect size and appropriateness of mediation effect

size measures revisited. *Acta Psychologica Sinica*, *48*(4), 435–443.

[温忠麟, 范息涛, 叶宝娟, 陈宇帅. (2016). 从效应量应有的性质看中介效应量的合理性. *心理学报*, *48*(4), 435.]

Xia, H., Han, X., Cheng, J., Liu, D., Wu, Y., & Liu, Y. (2022). Effects of negative life events on depression in middle school students: The chain-mediating roles of rumination and perceived social support. *Frontiers in Psychology*, *13*(August), 1–10.

Zheng, Y., Zhou, Z., Liu, Q., Yang, X., & Fan, C. (2019). Perceived stress and life satisfaction: A multiple mediation model of self-control and rumination. *Journal of Child and Family Studies*, *28*(11), 3091–3097.

Zhou, H., & Long, L. (2004). Statistical remedies for common method biases. *Advances in Psychological Science*, *12*(6), 942–950.

[周浩, 龙立荣. (2004). 共同方法偏差的统计检验与控制方法. *心理科学进展*, *12*(6), 942–950.]

Zubin, J., & Spring, B. (1977). Vulnerability — A new view of schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, *86*(2), 103–126.

Relationship between adolescents' smartphone stress and mental health: Based on the multiverse-style analysis and intensive longitudinal method

HUANG Shunsen[1], Lai Xiaoxiong[1,2], ZHANG Cai[3], ZHAO Xinmei[1], DAI Xinran[1], QI Mengdi[1], WANG Huanlei[1], WANG Wenrong[4], WANG Yun[1]

1 State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

2 Institute of Digital Education, China National Academy of Educational Sciences, Beijing, China

3 Collaborative Innovation Centre of Assessment for Basic Education Quality, Beijing Normal University, Beijing, 100875, China

4 Zhongmu Teaching and Research Centre, Zhengzhou, 451450, China

Abstract:

Adolescents frequently encounter elevated levels of digital stress by exposure to digital media (e.g., smartphone stress). Their ongoing brain development increases adolescents' susceptibility to digital stress, making them more vulnerable to its adverse effects. Among digital devices, smartphones are the most widely used ones by adolescents and a primary source of digital stress. The current study aims to investigate the robust association between digital stress, specifically smartphone stress, and adolescent mental health. The study also aims to investigate the underlying mechanisms of this association.

In Study 1, a multiverse-style analysis was employed to investigate the robust relationship between smartphone stress and mental health (depression and well-being) in a large sample of adolescents (N=74,178, male=39,129). This method was chosen for its robustness of various data manipulations to test the effect of interest, and median β and NSRPD (number of significant results in predominant direction) were used as statistical inference indicators of the effect. In Study 2, we conducted an intensive longitudinal design to examine the mechanism of how smartphone stress affects mental health among adolescents (N=477, female=214, M_{age}=12.67±.31). Before intensive longitudinal design, we assessed smartphone stress, well-being, and depression (T1). Subsequently, daily rumination (consecutive 17 days, T2) and daily negative mood (consecutive 18 days, T3) were assessed over a 35-day period. Upon intensive longitudinal design, we once again measured well-being and depression (T4). We found that rumination, negative emotion (NE), and rumination-NE (serial mediation) mediate the link between smartphone stress and mental health (smartphone stress-

depression model, smartphone stress-well-being model).

Study 1 indicated that over half of adolescents (52.6% of grade 4 students and 78.2% of grade 8 students) experienced smartphone stress. Furthermore, smartphone stress strongly and robustly predicted depression (Median β = 0.37, $p < 0.001$, NSRPD = 160/160, $p < 0.001$, partial $r^2 = 0.172$) and well-being (Median β = -0.14, $p < 0.001$, NSRPD = 160/160, $p < 0.001$, partial $r^2 = 0.011$). Effect sizes from both outcomes (partial $r^2 > .010$) are capable to inform policy and the public sphere. Study 2 revealed that rumination intensity, negative emotion intensity, and rumination-negative emotion intensity mediate the relationship between smartphone stress and depression. However, no mediation was found for rumination or negative emotion fluctuation. In smartphone stress-well-being model, negative emotion intensity and rumination-negative emotion intensity, but not rumination intensity, mediated the association between smartphone stress and well-being. Moreover, negative emotion and rumination-negative emotion fluctuation, but not rumination fluctuation, mediated the association between smartphone stress and well-being. Therefore, the intensity and fluctuation of rumination and negative emotion are common mediators in the relationship between smartphone stress and depression/well-being, while the effects of mechanisms are outcome-dependent.

The findings pinpoint the significant and robust effect of smartphone stress on depression and well-being among adolescents. The mediation of rumination and negative emotion in the relationship between smartphone stress and mental health probes into the mechanism of this relationship. These results support classic theories (e.g., the Emotional Cascade Model) and confirm and enrich the recent Media use-Digital stress-Mental health model. These findings could also inform future interventions for mental health problems related to smartphone stress.

Keywords smartphone stress, digital stress, mental health, rumination, negative emotion

附件

附件 1：

青少年手机压力简版题目	缩写
1.　手机上沟通没法把事情说清楚让我感到焦虑	手机沟通
2.　手机搜索到说法不一的内容让我感到烦躁	手机信息矛盾
3.　手机搜索不到自己想要的信息让我感到难过	手机信息缺乏
4.　玩手机游戏时队友的不配合行为让我感到愤怒	游戏不配合
5.　输掉手机游戏中的比赛让我感到生气	游戏失败
6.　手机网课无法解决我的一些学习问题让我感到烦躁	手机网课
7.　浏览社交媒体时看到他人辱骂、攻击、恶意评论我关心的人让我感到难过	社会关心
8.　手机新闻资讯推送的广告让我感到生气	资讯广告
9.　手机短视频评论区中的不良评论（如辱骂或攻击）让我感到生气	短视频评论

注：量表为 5 点 Likert 评分方式：1=从来没有，2=偶尔，　3=经常，　4=　总是

指导语：使用手机的过程中人们可能会产生不太愉快的体验，如产生烦恼、焦躁等消极负面的情绪，或者感受到压力。以下题目列举了人们在使用手机的过程中通常会产生的消极情绪感受，请你评价自己在过去的一个月里，多大程度上经历过这些消极情绪感受。作答时不用考虑太多，请根据你的第一感受作答

附件 2

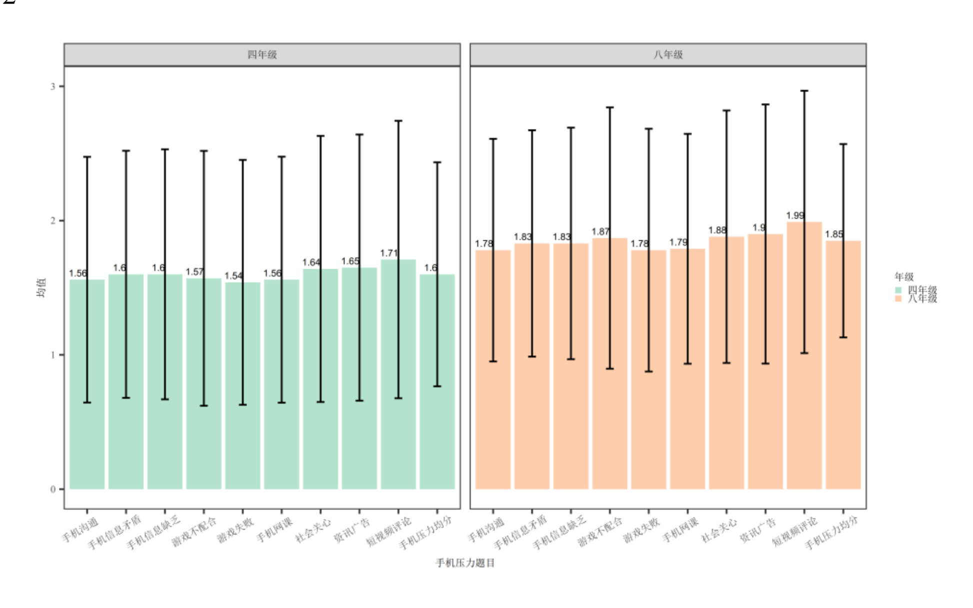


图 S1. 四、八年级学生手机压力均值和标准差